

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СРЕДНЕГО И ВНУТРЕННЕГО УХА

Топчий Е.А., Томашевский Р.С.

Научный руководитель – к.т.н., ст. преподаватель Томашевский Р.С.

Национальный Технический Университет

«Харьковский Политехнический Институт»

(61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, каф. «Промышленная и биомедицинская
электроника», тел.: (057) 707-69-37)

e-mail: elenatopchey@mail.ru

The article is devoted to the problem of the diagnosing hearing loss at an early age as well as the technical devices and equipment that provide this diagnosis. The purpose of this article is to choose the most optimal model of the middle ear, as an object of the investigation in the diagnosing of hearing loss by otoacoustic emissions. The article presents a detailed analysis of existing models of substitution pattern of the middle ear. It is concluded that the model of J. Zvislowski most truly describes the processes in the organ of Corti, and this determines its further development and exploration by the MATLAB package.

Проблема диагностики нарушений слуха у детей была и остается актуальной особенно в Украине, так как уровень аудиологического оборудования в медицинских учреждениях и оснащенность им крайне низки. Кроме того субъективные методы в силу своих особенностей не подходят для диагностики слуха в раннем возрасте, а объективные требуют современного технического обеспечения. Таким образом, разработка приборов для исследования нарушений слуха объективными методами является актуальной задачей.

Наиболее прогрессивным методом является метод отоакустической эмиссии (ОАЭ), который заключается в регистрации звуковых колебаний внутренних и внешних волосковых клеток органа Корти. Для достоверного аппаратного получения диагностической информации необходимо адекватное описание гидродинамических и акустических процессов происходящих в канале среднего уха и органе Корти. Наиболее часто для этого используют электрические схемы замещения, ввиду их наглядности и простоты описания процессов в них.

Таким образом, целью работы является анализ существующих электрических моделей замещения среднего уха.

Одна из простейших моделей улитки основана на использовании независимых колебательных R-L-C контуров, характеристики которых отображают отдельные точки основной мембраны. Недостатками такой модели является несоответствие амплитудно-частотных (АЧХ) и фазо-частотных (ФЧХ) характеристик в определенной области частот, характеристикам, полученным экспериментальным путем.

Модель, предложенная Г. Бекеши, представляющая собой Т-образную

схему с последовательно включенными R-L и параллельно R-L-C-цепями, описывает колебания базилярной мембраны и процессы улиткового канала. Данная схема сложна в реализации и не учитывает процессы в звукопроводящем канале среднего уха.

Также в качестве модели возможно использование схемы многозвенной цепочечной модели основной мембраны. Эта схема полезна для качественного изучения процессов в улитке, но характеризуется сложностью подбора коэффициентов.

Наиболее часто для описания процессов биофизики слуха используют модель аппроксимации частотной зависимости комплексного коэффициента передачи улитки Фланагана. Данная модель представляет собой параллельное соединение каналов передачи по каждой из исследуемых частот. Преимуществом данной модели есть высокая точность описания экспериментальных АЧХ улитки в области высоких и низких частот.

Перечисленные выше модели в неполной мере описывают процессы в органе Корти, то есть с их помощью нельзя промоделировать ответную реакцию внутренних и внешних волосковых клеток. Для решения этой задачи может быть предложена модель Дж. Звислоцки (рис. 1). Она демонстрирует реакцию закрытого слухового канала при акустической стимуляции.

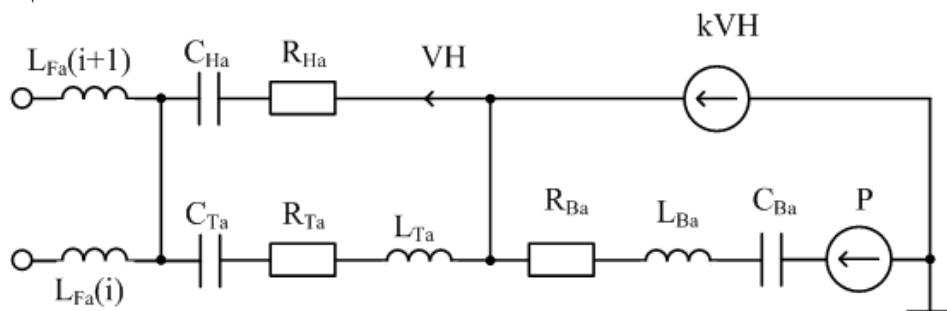


Рисунок 1 – Электрический аналог среднего и внутреннего уха

В данной схеме: источник напряжения P моделирует перепад звукового давления в улитке; VH – объемная скорость отклонения стереоцилий; kVH – обратная связь объемной скорости, вызванная электро-подвижностью наружных волосковых клеток.

Таким образом, для описания процессов в органе Корти при разработке прибора для регистрации отоакустической эмиссии целесообразно использовать модель Дж. Звислоцки. Данная модель может быть реализована в специализированных математических пакетах, например в пакете MATLAB R2010b.

Список литературы: 1. Peter John Bray, «A study of the properties of click evoked otoacoustic emission and development of a clinical otoacoustic hearing test instrument», Institute of Laryngology and Otology, University College and Middlesex School of Medicine, London 1989. 2. А.С. Нечипоренко. Адаптивный метод повышения разборчивости речи в цифровых слуховых аппаратах.: дис. канд. техн. наук: 05.11.17: защищена 22.01.09: утв. 15.07.09. – Х., 2009. – 165 с.